

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月21日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-221379

出 願 人

Applicant(s):

キャノン販売株式会社  
株式会社半導体プロセス研究所

2001年 5月18日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2001-3042293

【書類名】 特許願

【整理番号】 SPL82

【提出日】 平成12年 7月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/90

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区三田 3 - 1 1 - 2 8 キヤノン販売株式会社  
内

    【氏名】 於久 泰三

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区三田 3 - 1 1 - 2 8 キヤノン販売株式会社  
内

    【氏名】 青木 淳一

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区港南 2 - 1 3 - 2 9 株式会社半導体プロセス  
研究所内

    【氏名】 前田 和夫

【特許出願人】

    【識別番号】 390002761

    【氏名又は名称】 キヤノン販売株式会社

【特許出願人】

    【識別番号】 391007873

    【氏名又は名称】 株式会社半導体プロセス研究所

【代理人】

    【識別番号】 100091672

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 岡本 啓三

    【電話番号】 03-3663-2663

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013701

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9716147

【包括委任状番号】 9722731

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 成膜方法及び半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】  $\text{Si-H}$ 結合を有するアルコキシ化合物、又は $\text{Si-H}$ 結合を有するシロキサンと、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、又は $\text{H}_2\text{O}$ のうち何れか一の酸素含有ガスとからなる第 1 の成膜ガスをプラズマ化し、反応させて、絶縁膜を形成することを特徴とする成膜方法。

【請求項 2】 前記第 1 又は第 2 の成膜ガスに $\text{N}_2$ 又は $\text{H}_2$ のうち何れか一を添加することを特徴とする請求項 1 記載の成膜方法。

【請求項 3】 前記 $\text{Si-H}$ 結合を有するアルコキシ化合物は、トリメトキシシラン ( $\text{TMS} : \text{SiH}(\text{OCH}_3)_3$ ) であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の成膜方法。

【請求項 4】 前記 $\text{Si-H}$ 結合を有するシロキサンは、テトラメチルジシロキサン ( $\text{TMD SO} : (\text{CH}_3)_2\text{HSi-O-SiH}(\text{CH}_3)_2$ ) であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一に記載の成膜方法。

【請求項 5】 プラズマ生成手段として平行平板型の電極を用い、かつ前記成膜時に、前記基板を保持する電極に周波数  $100\text{kHz}$  乃至  $1\text{MHz}$  の高周波電力を印加し、かつ前記基板を保持する電極に対向する電極に周波数  $1\text{MHz}$  以上の高周波電力を印加することを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一に記載の成膜方法。

【請求項 6】 基板上に配線を形成する工程と、

請求項 1 乃至 5 の何れか一に記載の成膜方法を用いて、前記配線を被覆する絶縁膜を形成する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記配線を被覆する絶縁膜はバリア絶縁膜であることを特徴とする請求項 6 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 前記配線を被覆するバリア絶縁膜を形成する工程の後に、

前記バリア絶縁膜上に該バリア絶縁膜よりも膜厚の厚い層間絶縁膜を形成する工程を有することを特徴とする請求項 7 記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、成膜方法及び半導体装置の製造方法に関し、より詳しくは、配線を被覆して低誘電率を有する層間絶縁膜を形成する成膜方法及び半導体装置の製造方法に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

近年、有機シリコンソースを用いたプラズマCVD法により絶縁膜を形成する場合、有機シリコンソースとしてTEOSを用いることが多い。また、半導体集積回路装置の高集積度化、高密度化に伴い、パターンの微細化、薄膜化が要望されている。しかし、TEOSでは十分な膜質を確保することが難しくなっている。

## 【 0 0 0 3 】

さらに、データ転送速度の高速化が要求されているため、RCダイレイの小さい低誘電率を有する絶縁膜（以下、低誘電率絶縁膜と称する。）が用いられている。例えば、比誘電率3.5～3.8のSiOF膜や比誘電率3.0～3.1の多孔質SiO<sub>2</sub>膜などである。

しかしながら、低誘電率絶縁膜は、元来水分を含み易く、かつ外来の水分を通し易いため、単独で層間絶縁膜として用いた場合、配線の腐食やリーク電流の増大が発生し易い。これを防止するため、配線と低誘電率絶縁膜との間にSiN系又はSiC系のバリア絶縁膜を介在させることが多い。

## 【 0 0 0 4 】

即ち、多層配線を有する半導体装置では、上部配線と下部配線の上にSiN系又はSiC系のバリア絶縁膜と低誘電率絶縁膜とSiN系又はSiC系のバリア絶縁膜とが順に積層されてなる層間絶縁膜を形成している。

## 【 0 0 0 5 】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、SiN系の絶縁膜は比誘電率が高いため、SiN系の絶縁膜の膜厚を薄くしてバリア絶縁膜として用いた場合でも、層間絶縁膜全体の誘電率が高くな

ってしまう。

また、SiC系のバリア絶縁膜は、SiN系のバリア絶縁膜と比較して比誘電率が5程度と比較的低いが、リーク電流の増大を十分に抑制することができない。

#### 【0006】

本発明は、上記の従来例の問題点に鑑みて創作されたものであり、配線の腐食やリーク電流の増大を防止しつつ、層間絶縁膜全体として誘電率を低くすることができる成膜方法及び半導体装置の製造方法を提供するものである。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、請求項1記載の発明は、成膜方法に係り、Si-H結合を有するアルコキシ化合物、又はSi-H結合を有するシロキサンと、 $O_2$ 、 $N_2O$ 、 $NO_2$ 、CO、 $CO_2$ 、又は $H_2O$ のうち何れか一の酸素含有ガスとからなる第1の成膜ガスをプラズマ化し、反応させて、絶縁膜を形成することを特徴とし、

請求項2記載の発明は、請求項1記載の成膜方法に係り、前記第1又は第2の成膜ガスに $N_2$ 又は $H_2$ のうち何れか一を添加することを特徴とし、

請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の成膜方法に係り、前記Si-H結合を有するアルコキシ化合物は、トリメトキシシラン( $TMS: SiH(OCH_3)_3$ )であることを特徴とし、

請求項4記載の発明は、請求項1乃至3の何れか一に記載の成膜方法に係り、前記Si-H結合を有するシロキサンは、テトラメチルジシロキサン( $TMDSO: (CH_3)_2HSi-O-SiH(CH_3)_2$ )であることを特徴とし、

請求項5記載の発明は、請求項1乃至4の何れか一に記載の成膜方法に係り、プラズマ生成手段として平行平板型の電極を用い、かつ前記成膜時に、前記基板を保持する電極に周波数100kHz乃至1MHzの高周波電力を印加し、かつ前記基板を保持する電極に対向する電極に周波数1MHz以上の高周波電力を印加することを特徴としている。

#### 【0008】

請求項6記載の発明は、半導体装置の製造方法に係り、基板上に配線を形成す

る工程と、請求項 1 乃至 5 の何れか一に記載の成膜方法を用いて、前記配線を被覆する絶縁膜を形成する工程とを有することを特徴とし、

請求項 7 記載の発明は、請求項 6 記載の半導体装置の製造方法に係り、前記配線を被覆する絶縁膜はバリア絶縁膜であることを特徴とし、

請求項 8 記載の発明は、請求項 7 記載の半導体装置の製造方法に係り、前記配線を被覆するバリア絶縁膜を形成する工程の後に、前記バリア絶縁膜上に該バリア絶縁膜よりも膜厚の厚い層間絶縁膜を形成する工程を有することを特徴としている。

#### 【 0 0 0 9 】

以下に、上記本発明の構成により奏される作用を説明する。

S i - H 結合を有するアルコキシ化合物、又は S i - H 結合を有するシロキサンと、 $O_2$ 、 $N_2O$ 、 $NO_2$ 、CO、 $CO_2$ 、又は  $H_2O$  のうち何れか一の酸素含有ガスとからなる第 1 の成膜ガスをプラズマ化し、反応させて、絶縁膜を形成している。

#### 【 0 0 1 0 】

実験によれば、S i - H 結合を有するアルコキシ化合物、又は S i - H 結合を有するシロキサンと、 $O_2$ 、 $N_2O$ 、 $NO_2$ 、CO、 $CO_2$ 、又は  $H_2O$  のうち何れか一の酸素含有ガスとからなる第 1 の成膜ガスをプラズマ化し、反応させて形成した絶縁膜は、緻密で、耐水性に優れ、膜中の水分含有量が少なく、かつ比誘電率が小さいことが分かった。

#### 【 0 0 1 1 】

従って、上記絶縁膜を、特に、上部配線と下部配線の間介在させる層間絶縁膜を構成する、低誘電率絶縁膜を挟むバリア絶縁膜として用いた場合、配線の腐食やリーク電流の増大を防止しつつ、層間絶縁膜全体として誘電率を小さくすることができる。

#### 【 0 0 1 2 】

#### 【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

(第 1 の実施の形態)

図 1 は、本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法に用いられる平行平板型のプラズマ成膜装置 1 0 1 の構成を示す側面図である。

【 0 0 1 3 】

このプラズマ成膜装置 1 0 1 は、プラズマガスにより被成膜基板 2 1 上にバリヤ絶縁膜を形成する場所である成膜部 1 0 1 A と、成膜ガスを構成する複数のガスの供給源を有する成膜ガス供給部 1 0 1 B とから構成されている。

成膜部 1 0 1 A は、図 1 に示すように、減圧可能なチャンバ 1 を備え、チャンバ 1 は排気配管 4 を通して排気装置 6 と接続されている。排気配管 4 の途中にはチャンバ 1 と排気装置 6 の間の導通／非導通を制御する開閉バルブ 5 が設けられている。チャンバ 1 にはチャンバ 1 内の圧力を監視する不図示の真空計などの圧力計測手段が設けられている。

【 0 0 1 4 】

チャンバ 1 内には対向する一対の上部電極（第 1 の電極） 2 と下部電極（第 2 の電極） 3 とが備えられ、上部電極 2 に周波数 1 3 . 5 6 M H z の高周波電力を供給する高周波電力供給電源（R F 電源） 7 が接続され、下部電極 3 に周波数 3 8 0 k H z の低周波電力を供給する低周波電力供給電源 8 が接続されている。これらの電源 7、8 から上部電極 2 及び下部電極 3 に電力を供給して、成膜ガスをプラズマ化する。上部電極 2、下部電極 3 及び電源 7、8 が成膜ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段を構成する。

【 0 0 1 5 】

なお、プラズマ生成手段として、例えば平行平板型の第 1 及び第 2 の電極 2、3 によりプラズマを生成する手段、E C R (Electron Cyclotron Resonance) 法によりプラズマを生成する手段、アンテナからの高周波電力の放射によりヘリコンプラズマを生成する手段等がある。

上部電極 2 は成膜ガスの分散具を兼ねている。上部電極 2 には複数の貫通孔が形成され、下部電極 3 との対向面における貫通孔の開口部が成膜ガスの放出口（導入口）となる。この成膜ガス等の放出口は成膜ガス供給部 1 0 1 B と配管 9 a で接続されている。また、場合により、上部電極 2 には図示しないヒータが備えられることもある。成膜中に上部電極 2 を温度凡そ 1 0 0 ℃ 程度に加熱しておく



ことにより、成膜ガス等の反応生成物からなるパーティクルが上部電極 2 に付着するのを防止するためである。

## 【0016】

下部電極 3 は被成膜基板 2 1 の保持台を兼ね、また、保持台上の被成膜基板 2 1 を加熱するヒータ 1 2 を備えている。

成膜ガス供給部 1 0 1 B には、Si-H 結合を有するアルコキシ化合物、Si-H 結合を有するシロキサン、酸素 ( $O_2$ )、一酸化窒素 ( $N_2O$ )、二酸化窒素 ( $NO_2$ )、一酸化炭素 ( $CO$ )、二酸化炭素 ( $CO_2$ )、又は水 ( $H_2O$ ) のうち何れか一の酸素含有ガス、水素 ( $H_2$ )、及び窒素 ( $N_2$ ) の供給源が設けられている。

## 【0017】

本発明が適用される成膜ガスである Si-H 結合を有するアルコキシ化合物、又は Si-H 結合を有するシロキサンについては、代表例として以下に示すものを用いることができる。

(i) Si-H 結合を有するアルコキシ化合物

トリメトキシシラン ( $TMS : SiH(OCH_3)_3$ )

(ii) Si-H 結合を有するシロキサン

テトラメチルジシロキサン ( $TMDSO : (CH_3)_2HSi-O-SiH(CH_3)_2$ )

これらのガスは適宜分岐配管 9 b 乃至 9 f 及びこれらすべての分岐配管 9 b 乃至 9 f が接続された配管 9 a を通して成膜部 1 0 1 A のチャンバ 1 内に供給される。分岐配管 9 b 乃至 9 f の途中に流量調整手段 1 1 a 乃至 1 1 e や、分岐配管 9 b 乃至 9 f の導通／非導通を制御する開閉手段 1 0 b 乃至 1 0 k が設置され、配管 9 a の途中に配管 9 a の閉鎖／導通を行う開閉手段 1 0 a が設置されている。また、 $N_2$  ガスを流通させて分岐配管 9 b 乃至 9 e 内の残留ガスをパージするため、 $N_2$  ガスの供給源と接続された分岐配管 9 f とその他の分岐配管 9 b 乃至 9 e の間の導通／非導通を制御する開閉手段 1 0 l 乃至 1 0 n, 1 0 p が設置されている。なお、 $N_2$  ガスは分岐配管 9 b 乃至 9 e 内のほかに、配管 9 a 内及びチャンバ 1 内の残留ガスをパージする。

## 【0018】

以上のような成膜装置 1 0 1 によれば、S i - H 結合を有するアルコキシ化合物又は S i - H 結合を有するシロキサンのうち少なくとも何れか一の供給源と、酸素含有ガスの供給源とを備え、さらに成膜ガスをプラズマ化するプラズマ生成手段 2、3、7、8 を備えている。

上記プラズマ C V D 装置を用いて、プラズマ C V D 法により S i、O、C、H を含む絶縁膜を形成することができる。このため、下記の第 2 の実施の形態に示すように、低い誘電率を有し、かつ水分含有量が少なく、緻密で、耐水性に優れた絶縁膜を形成することができる。また、この絶縁膜は、有機或いは無機塗布絶縁膜との密着性が良く、銅 (C u) の拡散を阻止する能力も高い。

#### 【 0 0 1 9 】

特に、平行平板型の第 1 及び第 2 の電極 2、3 にそれぞれ高低 2 つの周波数の電力を供給する電源 7、8 が接続されているので、これら高低 2 つの周波数の電力をそれぞれ各電極 2、3 に印加してプラズマを生成することができ、このようにして作成した絶縁膜は緻密である。

#### (第 2 の実施の形態)

以下に、上記のプラズマ C V D 装置を用いて成膜した絶縁膜に関し、本願発明者の行なった調査実験について説明する。

#### 【 0 0 2 0 】

まず、上記のプラズマ C V D 装置のうち良く知られた平行平板型のプラズマ C V D 装置を用いた。上下電極 2、3 のうち下部電極 3 が基板保持具を兼ね、下部電極 3 は基板加熱を行なうためのヒータ 1 2 を内蔵している。

上記プラズマ C V D 装置を用いて以下の成膜条件でシリコン酸化膜 (以下、PE -CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜と称する。) を作成した。

#### 【 0 0 2 1 】

成膜ガス : TMS + N<sub>2</sub>O

TMS ガス流量 : 1 0 0 s c c m

N<sub>2</sub>O ガス流量 : 3 0 0 0 s c c m

ガス圧力 : 0 . 7 T o r r

プラズマ化条件

上部電極 2 への印加電力：  $0.3 \text{ W/cm}^2$  (周波数  $13.56 \text{ MHz}$ )

下部電極 3 への印加電力：  $0.3 \text{ W/cm}^2$  (周波数  $380 \text{ kHz}$ )

基板温度：  $350^\circ\text{C}$

成膜膜厚：  $t \text{ nm}$

上記のようにして作成した PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜について以下の特性を調査した。

#### 【 0 0 2 2 】

##### ( i ) 基本特性

上記成膜条件で、成膜レートは約  $170 \text{ nm/分}$  であった。

また、成膜後の PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜の屈折率は  $1.477$  であり、膜応力は  $-250 \text{ MPa}$  であった。屈折率を測定する場合は、エリプソメータで  $6338 \text{ \AA}$  の He-Ne レーザを用いた。また、膜応力を測定する場合、オプティレバーレーザースキャン方式を用いた。

#### 【 0 0 2 3 】

また、膜厚 ( $t$ )  $500 \text{ nm}$  で PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜の比誘電率は  $3.9$  であった。比誘電率の調査用試料は、図 2 に示すように、シリコン基板 5 1 上に PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜 5 2 を形成し、さらに PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜 5 2 上に電極 5 3 を形成することにより、作成した。電極 5 3 として水銀プローブを用い、それと PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜 5 2 との接触面積は  $0.0230 \text{ cm}^2$  である。

#### 【 0 0 2 4 】

図 2 の調査用試料を用いて直流電圧 ( $V$ ) に周波数  $1 \text{ MHz}$  の微小信号を重畳して、直流電圧 ( $V$ ) 変化に対する容量 ( $C$ ) 変化を測定し、その結果から比誘電率を算出した。

##### ( ii ) 耐水性

加圧加湿試験 (プレッシャークッカーテスト) により、耐水性を調査した。調査用試料は、図 3 に示すように、シリコン基板 (Si 基板) 上にリン含有量  $7 \text{ mol\%}$ 、膜厚約  $500 \text{ nm}$  の BP SG 膜と調査用絶縁膜 (PE CVD 膜) とを順に形成することにより作成した。

#### 【 0 0 2 5 】

比較のため、調査用絶縁膜として、この発明が適用されるPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜の膜厚を変えたもの2種類（100nm、200nm）、TEOS/O<sub>3</sub>を用いたプラズマCVD法により作成した膜厚200nmのシリコン酸化膜（以下、PE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜と称する。）、SiH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>及びN<sub>2</sub>を含む成膜ガスを用いたプラズマCVD法により作成した膜厚200nmのシリコン窒化膜（以下、PE-CVD SiN膜と称する。）を用いて調査を行なった。

## 【0026】

加圧加湿試験の条件は以下の通りである。放置時間をパラメータにとっている。

温度：121℃

圧力：2.0atm

湿度：100%R. T. (Room Temperature)

耐水性の評価は、加圧加湿試験後に調査用絶縁膜中に含まれるP=O結合の量を評価することにより行なった。BP SG膜中に含まれるP=O結合の量を評価するため、FTIR分析法（Fourier Transform Infra Red分析法）によりP=Oの吸収係数を測定した。BP SG膜中に水分が侵入することで膜中のP=Oの結合が反応して壊れるが、BP SG膜をカバーするPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜の耐水性が高ければ、水分を通さずBP SG膜中のP=Oの結合が壊れることがない。従って、P=O吸収係数の経時変化が小さいほど耐水性が高いといえる。

## 【0027】

図3は、加圧加湿試験時間に対する試験後の絶縁膜中のリン含有量の経時変化を示すグラフである。縦軸は線型目盛りで表したP=O吸収係数（任意単位）を示し、横軸は線型目盛りで表した放置時間（H）を示す。

図3に示す結果より、PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜は膜厚の厚薄にかかわらず、PE-CVD SiN膜と同じように、150時間程度放置しても初期のP=O吸収係数に比べてほとんど変化がない。即ち、PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜はPE-CVD SiN膜と同等な耐水性を有することが分かった。

## 【0028】

(iii) 膜密度

良く知られたX線干渉法、及び重量測定法により、膜密度を調査した。

比較のため、熱酸化膜（thermal-SiO<sub>2</sub>膜）、PE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜、SiH<sub>4</sub>を用いたプラズマCVD法により作成したシリコン酸化膜（以下、PE-CVD SiH<sub>4</sub> SiO<sub>2</sub>膜と称する。）を用いて同様な調査を行なった。

#### 【0029】

図4に示すように、PE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜は2.33と他の絶縁膜と比べて膜密度が高く、緻密であることが分かった。

#### （iv）膜中水分含有量

TDS法（Thermal Desorption Mass Spectroscopy：昇温離脱質量分析法）により成膜直後と大気中2週間経過後の膜中の水分含有量を測定した。TDS法とは、試料を加熱してそこから出てくる分子を測定する方法である。比較のため、PE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜を用いて同様な調査を行なった。

#### 【0030】

調査方法は、TDS分析装置で、室温から800℃まで加熱し、試料からの水分量を定量化することにより行なった。

図5は、その結果を示すグラフである。図5において、縦軸は線形目盛りで表した水分量（wt%）を示し、横軸は線形目盛りで表した温度（℃）を示す。

成膜直後の測定では、室温から800℃まで昇温したときの水分量はPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜で0.11wt%であるのに対して、PE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜では0.49wt%であった。さらに、2週間後の測定でも、+0.2乃至0.3の増加にとどまり、あまり変化がなかった。

#### 【0031】

以上のように、PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜はPE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜に比較して構造水（成膜直後に成膜ガス及び膜構造に起因して膜中に含まれる水分）、物理吸着水（物理的に吸着及び吸収した外来の水分）ともに少ないことが分かった。

#### （v）膜のリーク電流

図2のような調査用試料を作成した。即ち、シリコン基板51上にこの発明に係る膜厚（t）200nmのPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜52と電極53とを順に形成した。

## 【 0 0 3 2 】

シリコン基板 5 1 と電極 5 3 との間に電圧を印加し、シリコン基板 5 1 と電極 5 3 との間に流れるリーク電流を測定した。シリコン基板 5 1 を接地するとともに、電極 5 3 に負の電圧を印加する。

その結果によれば、PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜 5 2 単体のリーク電流は  $5 \text{ MV} / \text{cm}$  の電界強度で、 $10^{-8} \text{ A} / \text{cm}^2$  台であり、ブレークダウン電圧は電界に換算して約  $10 \text{ MV} / \text{cm}$  であった。

## 【 0 0 3 3 】

## (vi) 膜の密着性

この発明に係るPE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜と、下地の低誘電率絶縁膜との密着性について調査した。比較のため、低誘電率絶縁膜として無機塗布絶縁膜、及び有機塗布絶縁膜を用いた。また、成膜前の表面処理を行なった試料と同処理を行なわなかった試料を作成して同様な調査を行なった。また、PE-CVD TEOS  $\text{SiO}_2$  膜を用いて同様な調査を行なった。

## 【 0 0 3 4 】

なお、無機塗布絶縁膜とは、HSQ（商品名、ダウコーニング社製）、MSQ（商品名）、R7（商品名、日立化成工業社製）など塗布液を塗布して形成された絶縁膜である。塗布液中の成分化合物として炭素が一つ以下の化合物を含むことを特徴とするものである。有機塗布絶縁膜とは、FLARE（商品名、アライドシグナル社製）、SILK（商品名、ダウケミカル社製）などの塗布液を塗布して形成されたものである。塗布液中の成分化合物として炭素が二つ以上の化合物を含むことを特徴とするものである。また、成膜前の表面処理とは、 $\text{N}_2$ 、 $\text{N}_2\text{H}_4$ 、 $\text{H}_2$ などのプラズマを用いて処理膜の表面を改質する処理である。

## 【 0 0 3 5 】

膜の密着性を調査するための試験として、テープによる剥離試験、及びCMP（Chemical Mechanical Polishing）によるウエハ前面での剥離試験を行なった。

調査結果によれば、PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜では、成膜前の表面処理の有無にかかわらず、無機塗布絶縁膜、及び有機塗布絶縁膜との密着性は良好だった。一方、

PE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜では、全体的に密着性の程度はPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜よりも劣る。そして、成膜前の表面処理の有無で差が出ており、表面処理を行なった試料が同処理を行なわなかった試料に比べて密着性が高かった。

#### 【0036】

(vii) 銅 (C u) に対するバリア性調査

(a) T D D B (Time Dependent Dielectric Break Down) 試験

T D D B 試験は、試料に電圧を印加して絶縁破壊に至るまでの時間を計測する試験である。

調査用試料は、S i 基板上に、この発明に係るPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜とC u膜とを順に積層することにより作成した。比較のため、PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜の代わりにPE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜を用いた試料、及びC u膜とPE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜との間にT i N膜を介在させた試料についても同様な調査を行なった。

#### 【0037】

調査結果によれば、電界強度8MV/cmにおいて、 $10 \times 10^5$ 秒のブレイクダウンライフタイムが得られた。

一方、PE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜を用いた試料では、 $10 \times 10^5$ 秒台のブレイクダウンライフタイムが得られるのは、電界強度5MV/cmであった。このことは、PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜を用いた試料の方がPE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜を用いた試料に比べてブレイクダウンライフタイムは6桁程度長いことを表している。

C u膜とPE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜との間にT i N膜を介在させた試料では、 $10 \times 10^5$ 秒台のブレイクダウンライフタイムが得られるのは、電界強度7.5MV/cmであった。

#### 【0038】

以上より、PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜を用いた試料はPE-CVD TEOS SiO<sub>2</sub>膜を用いた試料に比べて6桁程度長いブレイクダウンライフタイムを有し、T i N膜と同等以上のC uに対するバリア性を有するといえる。

(b) 耐熱性調査

調査用試料は、図7に示すように、不図示のS i基板上に、この発明に係る膜厚125nmのPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜とC u膜とを隣接して積層することにより作

成した。

【 0 0 3 9 】

調査は、成膜直後の状態（図 7 中、点線で示す。）を基準にして温度 4 7 0℃で所定時間（1 時間（二点鎖線）、7 時間（実線）、1 5 時間（一点鎖線）の 3 種類）処理した後の PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub> 膜中の Cu の分布状態を測定することにより行なった。

図 7 は調査結果を示すグラフである。図 7 において、左側の縦軸は対数目盛りで表した Cu 濃度及び Si 濃度（ $\text{cm}^{-3}$ ）を示す。横軸は線形目盛りで表した PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub> 膜の片面から Cu 膜の側に向かって測った深さ（nm）を示す。

【 0 0 4 0 】

図 7 に示すように、成膜直後の分布とほとんど変化がなかった。即ち、PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub> 膜は Cu に対して十分なバリア性を有することが分かった。

なお、上記では、成膜ガス中のシリコン含有ガスとして、Si-H 結合を有するアルコキシ化合物を用いているが、Si-H 結合を有するシロキサンを用いることができる。

【 0 0 4 1 】

また、酸素含有ガスとして N<sub>2</sub>O を用いているが、他に酸素（O<sub>2</sub>）、二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）、一酸化炭素（CO）、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）、又は水（H<sub>2</sub>O）のうち何れか一を用いることができる。

また、上記の成膜ガスに水素（H<sub>2</sub>）、又は窒素（N<sub>2</sub>）のうち少ないとも何れか一を添加することにより、緻密性を更に高めることができる。

（第 3 の実施の形態）

次に、図 8（a）、（b）を参照して、本発明の第 3 の実施の形態に係る半導体装置及びその製造方法を説明する。

【 0 0 4 2 】

図 8（a）乃至（b）は、本発明の第 3 の実施の形態に係る半導体装置及びその製造方法を示す断面図である。この発明が適用される PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub> 膜の成膜ガスとして TMS + N<sub>2</sub>O を用いている。

まず、図 8（a）に示すように、シリコン基板（被成膜基板）21 上に、成膜



ガスとしてTMS + N<sub>2</sub>Oを用いたプラズマCVD法によりPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜からなる下地絶縁膜22を形成する。

【0043】

PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜を形成するには、まず、シリコン基板21を成膜装置101のチャンバ1内に導入し、基板保持具3に保持する。続いて、シリコン基板21を加熱し、温度350℃に保持する。TMSを流量100 sccmで、N<sub>2</sub>Oガスを流量3000 sccmで、図1に示すプラズマ成膜装置101のチャンバ1内に導入し、圧力を0.7 Torrに保持する。次いで、下部電極3に周波数380 KHzの電力0.3 W/cm<sup>2</sup>を印加し、上部電極2にも周波数13.56 MHzの電力0.3 W/cm<sup>2</sup>を印加する。

【0044】

これにより、TMSとN<sub>2</sub>Oがプラズマ化する。この状態を所定時間保持して、膜厚約200 nmのPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜22を形成する。調査によれば、成膜されたPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜22は、周波数1 MHzで測定した比誘電率が凡そ3.9であり、電界強度5 MV/cmのときリーク電流が10<sup>-8</sup> A/cm<sup>2</sup>であった。

【0045】

次いで、下地絶縁膜22上に配線（下部配線）23を形成した後、図8（b）に示すように、上記PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜22を形成したときと同じプラズマCVD法により、膜厚約500 nmのPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜24を形成する。

以上のように、この第3の実施の形態によれば、配線23を形成する前にシリコン基板22上にPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜からなる下地絶縁膜22を形成している。PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜は緻密で、耐水性が良く、膜中の水分含有量が少ない。従って、下地絶縁膜22中の水分や外来の水分がシリコン基板21に到達するのを防止することができる。

【0046】

また、配線23とシリコン基板21の間のリーク電流を抑制することができるので、シリコン基板21にトランジスタや記憶素子のキャパシタンス等が形成されているような場合、それらがPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜により被覆されることになり

、そのため、蓄積電荷の流出を防止することができ、素子の信頼性を向上させることができる。

## 【 0 0 4 7 】

また、配線 2 3 を被覆して PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜 2 4 を形成しているので、膜 2 4 中の水分や外来の水分に起因する配線 2 3 の腐食を防止することができる。

さらに、PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜 2 4 はシリコン窒化膜に比較して比誘電率が低く、リーク電流が小さいので、複数の配線を隣接して配置したり、多層配線を形成するような場合、配線間のリーク電流を抑制し、配線間の寄生容量を小さくすることができる。

## (第 4 の実施の形態)

次に、図 9 (a) 乃至 (c) を参照して、本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体装置及びその製造方法を説明する。

## 【 0 0 4 8 】

図 9 (a) 乃至 (c) は、本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体装置及びその製造方法を示す断面図である。成膜ガスとして TMS +  $\text{N}_2\text{O}$  を用いている。

まず、第 3 の実施の形態と同様にして、図 9 (a) に示すように、シリコン基板（被成膜基板）2 1 上に、成膜ガスとして TMS +  $\text{N}_2\text{O}$  を用いたプラズマ CVD 法により PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜からなる下地絶縁膜 2 2 を形成する。成膜された PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜 2 2 は、周波数 1 MHz で測定した比誘電率が凡そ 3.9 であり、電界強度 5 MV/cm のときリーク電流が  $10^{-8} \text{ A/cm}^2$  であった。

## 【 0 0 4 9 】

次いで、下地絶縁膜 2 2 上に配線（下部配線）2 3 を形成した後、図 9 (b) に示すように、良く知られた方法により、低誘電率を有する膜厚約 500 nm の多孔質絶縁膜 2 5 を形成する。

次いで、図 9 (c) に示すように、上記 PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜 2 2 を形成したときと同じプラズマ CVD 法により、膜厚約 200 nm の PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜からなる保護膜 2 6 を形成する。

## 【 0 0 5 0 】

以上のように、この第 4 の実施の形態によれば、配線 2 3 を被覆する多孔質絶

縁膜 2 5 上に PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜からなる保護膜 2 6 を形成している。PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜は緻密で、耐水性が良く、膜中の水分含有量が少ない。

従って、外来の水分が配線 2 3 に到達するのを防止することができる。また、多孔質絶縁膜 2 5 を含む層間絶縁膜全体のリーク電流を抑制することができる。

(第 5 の実施の形態)

次に、図 1 0 (a) 乃至 (d)、図 1 1 (a)、(b) を参照して、本発明の第 5 の実施の形態に係る半導体装置及びその製造方法を説明する。

#### 【0 0 5 1】

図 1 0 (a) 乃至 (d)、図 1 1 (a)、(b) は、本発明の第 5 の実施の形態に係る半導体装置及びその製造方法を示す断面図である。この場合も第 3 の実施の形態と同様に成膜ガスとして TMS +  $\text{N}_2\text{O}$  を用いる。

図 1 0 (a) は、配線を形成した後の状態を示す断面図である。図中、符号 3 1 はシリコン基板、3 2 は下地絶縁膜、3 3 は配線（下部配線）である。なお、配線（下部配線）3 3 が銅配線の場合には、図示していないが、下地絶縁膜 3 2 と配線（下部配線）3 3 の間には下層から下地絶縁膜 2 2 に対する銅のバリアとしての TaN 膜と、スパッタにより形成された Cu 膜とが形成されている。これらが被成膜基板 2 1 を構成する。

#### 【0 0 5 2】

このような状態で、図 1 0 (b) に示すように、TMS +  $\text{N}_2\text{O}$  を用いたプラズマ CVD 法により配線 3 3 上に膜厚約 5 0 n m の PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜からなるバリア絶縁膜 3 4 を形成する。

バリア絶縁膜 3 4 は、第 3 の実施の形態の下地絶縁膜 2 2 と同じ製造方法により成膜する。ここでは、同じ成膜条件であるので、その説明を省略する。調査によれば、成膜されたバリア絶縁膜 3 4 は、周波数 1 M H z で測定した比誘電率が凡そ 3 . 9 であり、電界強度 5 M V / c m のときリーク電流が  $1 0^{-8} \text{ A / c m}^2$  であった。

#### 【0 0 5 3】

次に、図 1 0 (c) に示すように、よく知られたプラズマ CVD 法により、低誘電率を有する膜厚約 5 0 0 n m の多孔質絶縁膜 3 5 を形成する。多孔質絶縁膜

の形成方法として、例えば、減圧熱CVD法による成膜とプラズマCVD法による成膜を繰り返して多層の絶縁膜を形成する方法、有機膜と $\text{SiO}_2$ 膜とを交互に積層した後、酸素プラズマによりアッシングして有機物を除去する方法等がある。

## 【0054】

続いて、図10(d)に示すように、アッシングやエッチングにおける多孔質絶縁膜35の保護膜36である薄くて緻密性の高いNSG膜（不純物を含まないシリコン酸化膜）を形成する。保護膜36がない場合、フォトレジスト膜をアッシングする際、或いは多孔質シリコン含有絶縁膜35の下のバリア絶縁膜34をエッチングする際に処理ガスにより多孔質絶縁膜35が変質し、低誘電率特性が劣化する恐れがある。なお、場合により、保護膜36を省略してもよい。

## 【0055】

次いで、図11(a)に示すように、不図示のフォトレジスト膜を形成した後、パターンニングし、ビアホールを形成すべき領域にフォトレジスト膜の開口部を形成する。続いて、 $\text{CF}_4 + \text{CHF}_3$ 系の混合ガスをプラズマ化したものを用いた反応性イオンエッチング(RIE)によりフォトレジスト膜の開口部を通してまず保護膜36をエッチングし、除去する。続いて、保護膜36のエッチングに用いたガスと組成比を変えた $\text{CF}_4 + \text{CHF}_3$ 系の混合ガスにより多孔質絶縁膜35をエッチングし、除去する。これにより、開口部が形成されてバリア絶縁膜34が表出する。その後、フォトレジスト膜をアッシングする。このとき、上記多孔質絶縁膜35のエッチングガス及びフォトレジスト膜のアッシングガスに対してバリア絶縁膜34はエッチング耐性を有する。従って、配線33がエッチングガス等による悪影響を受けない。 $\text{CF}_4 + \text{CHF}_3$ 系の混合ガスは、 $\text{CF}_4 + \text{CHF}_3$ のほかに $\text{Ar} + \text{O}_2$ 等を加えて濃度調整を行ってもよい。

## 【0056】

次に、上記保護膜36のエッチングに用いたガスと同じ組成比を有する $\text{CF}_4 + \text{CHF}_3$ 系の混合ガスをプラズマ化したものを用いた反応性イオンエッチング(RIE)により、保護膜36の開口部及び多孔質絶縁膜35の開口部を通してバリア絶縁膜34をエッチングし、除去する。これにより、ビアホール37が形

成されてその底部に下部配線 3 3 が表出する。このとき、上記バリア絶縁膜 3 4 のエッチングガスに対して下部配線 3 3 はエッチング耐性を有する。従って、下部配線 3 3 がエッチングガスによる悪影響を受けない。なお、下部配線 3 3 の表面は酸化されるが、レジスト膜のアッシング工程を経てバリア膜のエッチング工程の後に還元性ガス、例えば  $\text{NH}_3$  や、アルゴン、窒素等の不活性ガスで希釈した水素のプラズマに曝して除去する。

## 【 0 0 5 7 】

次いで、フォトリジスト膜を除去した後、図 1 1 (b) に示すように、ビアホール 3 7 内に導電膜を埋め込む。次いで、導電膜を通して下部配線 3 3 と接続するように銅又はアルミニウムからなる上部配線 3 8 を形成する。上部配線 3 8 が銅配線の場合には、ビアホール 3 7 内に導電膜、例えば窒化タンタル ( $\text{TaN}$ ) 等のバリア金属膜とスパッタ法により形成した銅膜とからなる下地導電膜を敷き、この上に導電膜を埋め込むことになる。

## 【 0 0 5 8 】

以上により、保護膜 3 6、多孔質絶縁膜 3 5 及びバリア絶縁膜 3 4 のビアホール 3 7 を通して下部配線 3 3 と接続する上部配線 3 8 の形成が完了する。

以上のように、第 4 の実施の形態によれば、この発明が適用される PE-CVD TEOS  $\text{SiO}_2$  膜からなるバリア絶縁膜 3 4 により下部配線 3 3 が被覆されている。

ところで、この発明が適用される PE-CVD TEOS  $\text{SiO}_2$  膜は、第 2 の実施の形態の調査結果に示すように、緻密で、耐水性に優れ、膜中の水分含有量が少ないというシリコン窒化膜と同等な性質を有する。従って、外来の水分の浸入を防止して下部配線 3 3 が腐食するのを防止することができる。

## 【 0 0 5 9 】

さらに、下地絶縁膜 3 2 もこの発明が適用される PE-CVD TEOS  $\text{SiO}_2$  膜とすることによって下部配線 3 3 は PE-CVD TEOS  $\text{SiO}_2$  膜によって周辺がすべて保護されるので、下部配線 3 3 のすべての周辺部からの水分の浸透を防止して下部配線 3 3 が腐食するのをより一層防止することができる。

また、低誘電率を有する多孔質絶縁膜 3 5 が PE-CVD TEOS  $\text{SiO}_2$  膜からなるバリア絶縁膜 3 4 と同じく PE-CVD TEOS  $\text{SiO}_2$  膜からなる保護膜 3 6 とによって上下面

を保護されている。従って、多孔質絶縁膜 3 5 中に外来の水分が侵入するのを防止することができ、このため、多孔質絶縁膜 3 5 の水分の含有に起因する比誘電率の変動を抑制することができる。

#### 【 0 0 6 0 】

さらに、当初から多孔質絶縁膜 3 5 中に水分が含まれていた場合、その水分が周辺部に流出するのを防止することができ、このため、下部配線 3 3 等が腐食するのを防止することができる。

さらに、PE-CVD TEOS  $\text{SiO}_2$  膜は、緻密性という点でシリコン窒化膜と同等な性質を有するが、シリコン窒化膜と大きく異なり、比誘電率が小さいという性質を有する。従って、層間絶縁膜として用いても、より小さい比誘電率を維持することができる。特に、多孔質絶縁膜 3 5 の上下面を保護するバリア絶縁膜及び保護膜として用いることにより、これらをすべて含む層間絶縁膜全体としてより小さい比誘電率を維持することができる。

#### 【 0 0 6 1 】

なお、上記第 4 の実施の形態では、下地絶縁膜 3 2 としてはシリコン基板 3 1 を酸素を含む雰囲気中で加熱して酸化し、形成した熱酸化膜や有機シリコン含有ガスを用いて CVD 法により形成した NSG 膜、BPSG 膜 (Boro-Phospho-Silicate Glass 膜) 等を用いることができるが、この発明が適用されるプラズマ CVD 法により成膜した PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜を用いてもよい。

#### 【 0 0 6 2 】

(第 6 の実施の形態)

図 1 2 (a) 乃至 (c) は、本発明の第 6 の実施の形態に係る半導体装置及びその製造方法を示す断面図である。

第 5 の実施の形態と異なるところは、ビアホール 3 7 内の側壁がこの発明が適用される PE-CVD TMS  $\text{SiO}_2$  膜 3 9 a によって覆われており、ビアホール 3 7 内に多孔質シリコン含有絶縁膜 3 5 が露出していない点である。

#### 【 0 0 6 3 】

上記構造を実現するために、1 1 (a) に示す工程の後に、図 1 2 (a) に示すように、ビアホール 3 7 を被覆するように、保護膜 3 6 上にこの発明が適用さ

れるPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜39を形成する。続いて、図12(b)に示すように、PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜39を異方性エッチングすることによりビアホール37内の側壁にPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜39aを残すようにする。その後、図12(c)に示すように、導電膜を通して下部配線33と接続するように銅又はアルミニウムからなる上部配線38を形成する。

## 【0064】

以上、第5の実施の形態によれば、ビアホール37内も含めてPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜36、39aによって多孔質シリコン含有絶縁膜35が完全に保護されているので、多孔質シリコン含有絶縁膜35への水分の侵入及び多孔質シリコン含有絶縁膜35からの水分の流出をより一層防止することができる。

以上、実施の形態によりこの発明を詳細に説明したが、この発明の範囲は上記実施の形態に具体的に示した例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の上記実施の形態の変更はこの発明の範囲に含まれる。

## 【0065】

例えば、図13に示すように、PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜のみからなる下地絶縁膜22又は32をシリコン基板21又は31上に直接形成しているが、下層から順にBPSG膜や熱酸化膜41とPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜42とを積層した2層或いはそれ以上の多層構造からなる下地絶縁膜22又は32としてもよい。この場合、最上層にPE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜を配置することが重要である。

## 【0066】

## 【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、Si-H結合を有するアルコキシ化合物、又はSi-H結合を有するシロキサンと、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、NO<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、又はH<sub>2</sub>Oのうち何れかの酸素含有ガスとからなる第1の成膜ガスをプラズマ化し、反応させて、配線を被覆する絶縁膜を形成している。

## 【0067】

実験によれば、このようにして形成した絶縁膜は、緻密で、比誘電率が小さく、かつ膜中の水分含有量が少ないことが分かった。従って、上記絶縁膜を、特に、上部配線と下部配線の間に介在させる層間絶縁膜を構成する、低誘電率絶縁膜

を挟むバリア絶縁膜として用いた場合、配線の腐食やリーク電流の増大を防止しつつ、層間絶縁膜全体として誘電率を低くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態である成膜方法に用いられるプラズマ C V D 成膜装置の構成を示す側面図である。

【図 2】

本発明の実施の形態である成膜方法により作成された絶縁膜の特性調査に用いた試料の構成を示す断面図である。

【図 3】

本発明の第 2 の実施の形態である成膜方法により作成された絶縁膜の耐水性について調査した結果を示すグラフである。

【図 4】

本発明の第 2 の実施の形態である成膜方法により作成された絶縁膜の膜密度について調査した結果を示す表である。

【図 5】

本発明の第 2 の実施の形態である成膜方法により作成された絶縁膜中の水分含有量及び耐水性について調査した結果を示すグラフである。

【図 6】

本発明の第 2 の実施の形態である成膜方法により作成された絶縁膜の塗布絶縁膜に対する密着性について調査した結果を示す表である。

【図 7】

本発明の第 2 の実施の形態である成膜方法により作成された絶縁膜の銅に対するバリア性について調査した結果を示すグラフである。

【図 8】

(a)、(b) は本発明の第 3 の実施の形態である半導体装置の製造方法について示す断面図である。

【図 9】

(a) 乃至 (c) は本発明の第 4 の実施の形態である半導体装置の製造方法に



ついて示す断面図である。

【図 1 0】

(a) 乃至 (d) は本発明の第 5 の実施の形態である半導体装置の製造方法について示す断面図 (その 1) である。

【図 1 1】

(a)、(b) は本発明の第 5 の実施の形態である半導体装置の製造方法について示す断面図 (その 2) である。

【図 1 2】

(a) 乃至 (c) は本発明の第 6 の実施の形態である半導体装置の製造方法について示す断面図である。

【図 1 3】

本発明の他の実施の形態である半導体装置の製造方法について示す断面図である。

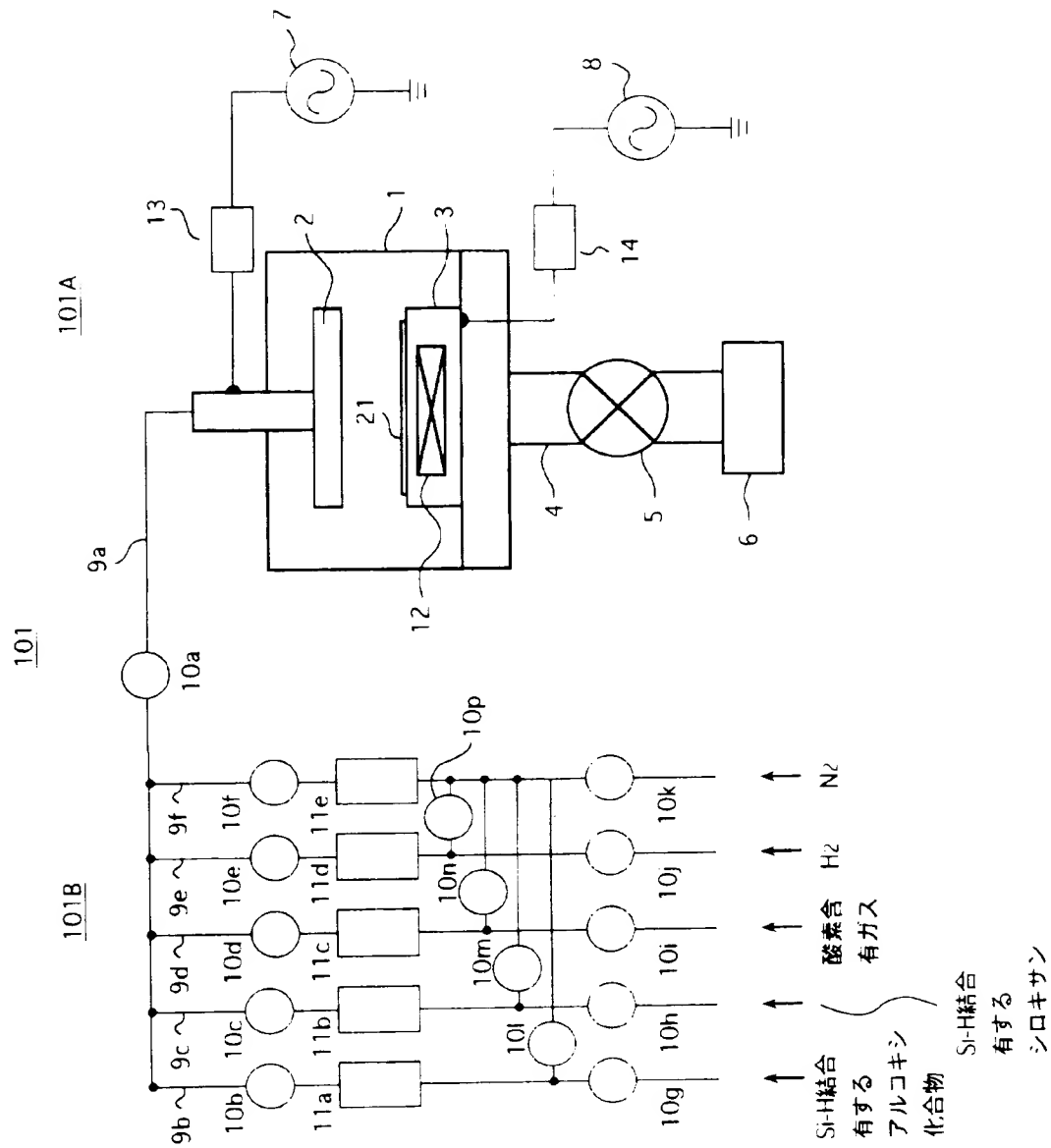
【符号の説明】

- 1    チャンバ
- 2    上部電極
- 3    下部電極
- 4    排気配管
- 5    バルブ
- 6    排気装置
- 7    高周波電力供給電源 (R F 電源)
- 8    低周波電力供給電源
- 9 a    配管
- 9 b ~ 9 f    分岐配管
- 1 0 a ~ 1 0 n, 1 0 p    開閉手段
- 1 1 a ~ 1 1 e    流量調整手段
- 1 2    ヒータ
- 2 1    被成膜基板 (シリコン基板)
- 2 2、3 2    下地絶縁膜

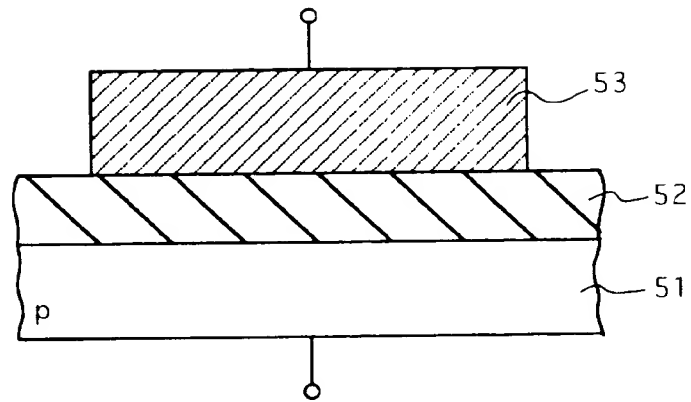
- 2 3、3 3 銅配線（下部配線）
- 2 4、3 9 a、5 2 PE-CVD TMS SiO<sub>2</sub>膜
- 2 5、3 5 多孔質絶縁膜
- 2 6、3 6 保護膜
- 3 1、5 1 シリコン基板
- 3 4 バリア絶縁膜
- 3 7 ビアホール
- 3 8 上部配線
- 5 3 電極（水銀プローブ）
- 1 0 1 プラズマCVD成膜装置
- 1 0 1 A 成膜部
- 1 0 1 B 成膜ガス供給部

【書類名】 図面

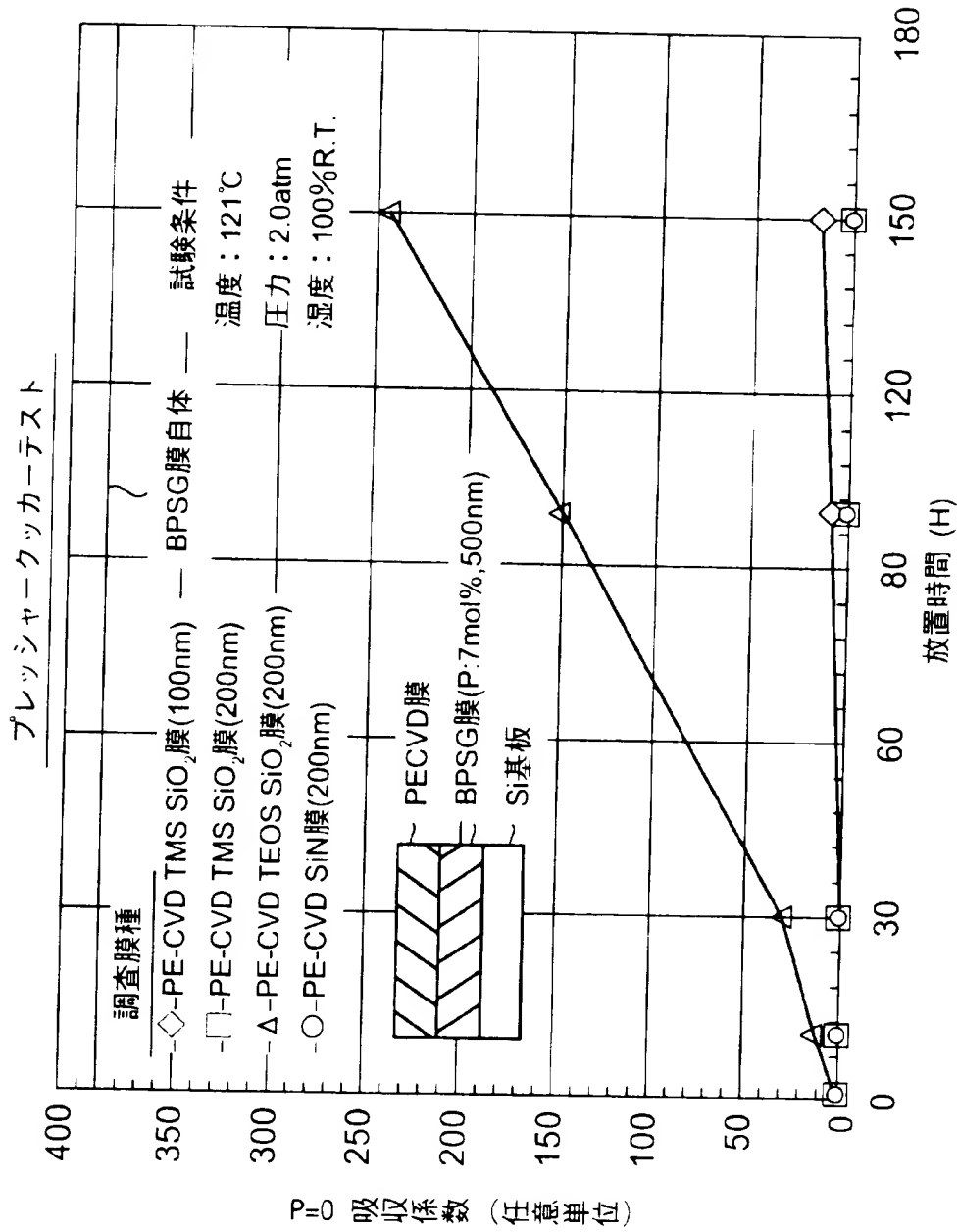
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

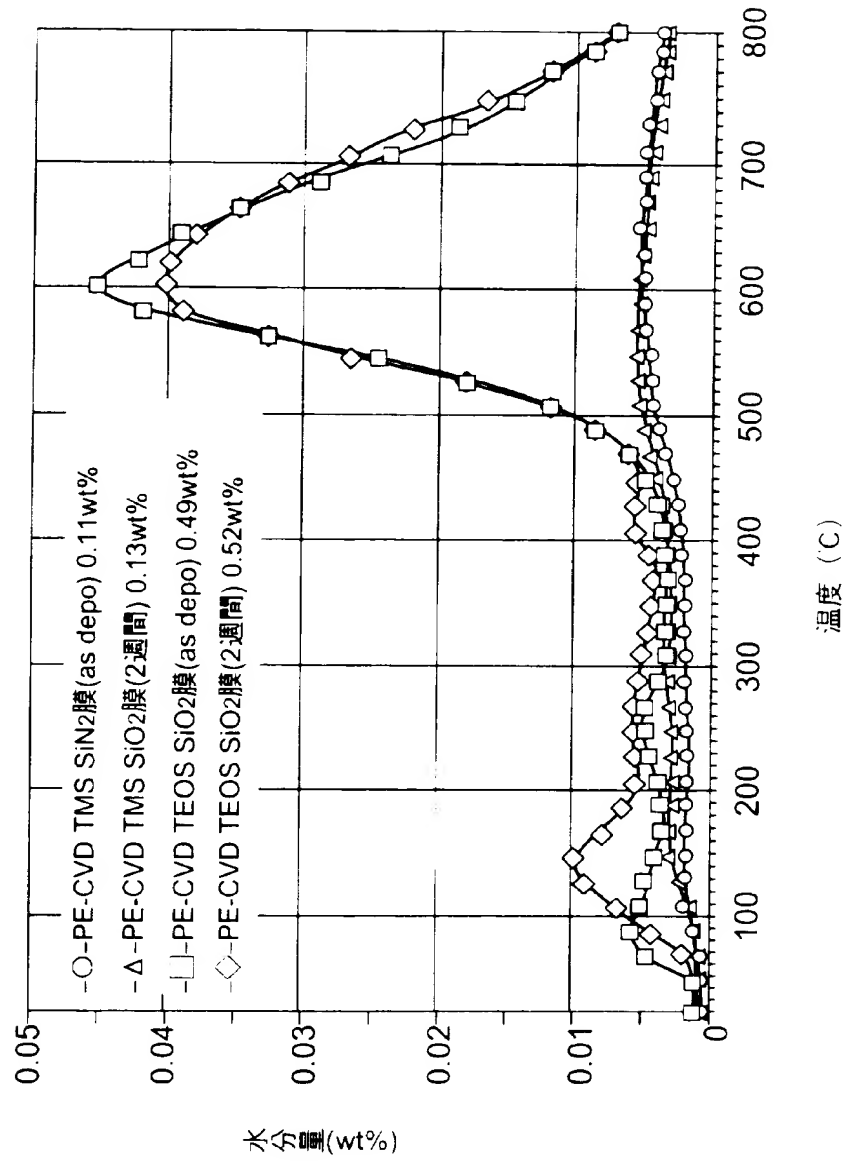
X線干渉法による膜密度

調査膜種	PE-CVD TMS SiO <sub>2</sub> 膜	PE-CVD TMS TiO <sub>2</sub> 膜	PE-CVD TMS SiO <sub>2</sub> 膜	thermal-SiO <sub>2</sub> 膜
膜密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2. 3 3	2. 2 6	2. 2 4 ~ 2. 3 0	2. 2 3

重量測定による膜密度

調査膜種	PE-CVD TMS SiO <sub>2</sub> 膜	PE-CVD TEOS SiO <sub>2</sub> 膜	PE-CVD SiH <sub>4</sub> SiO <sub>2</sub> 膜
膜密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2. 3 3	2. 1 ~ 2. 2	2. 2 0

【図 5】

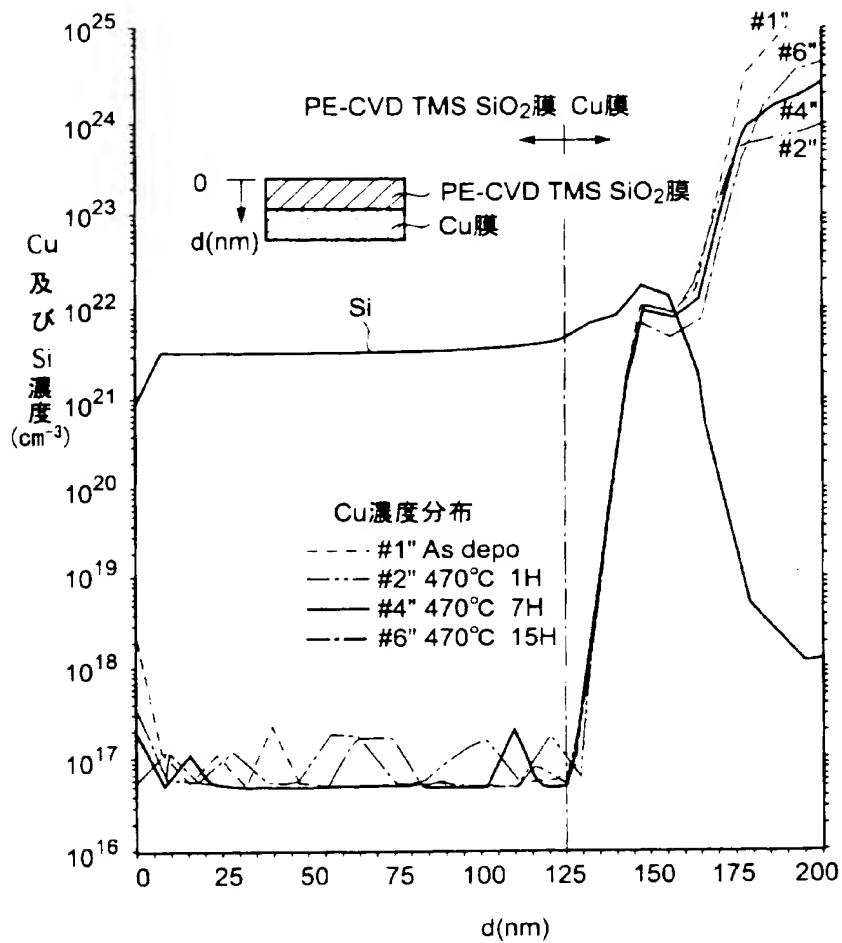


【図 6】

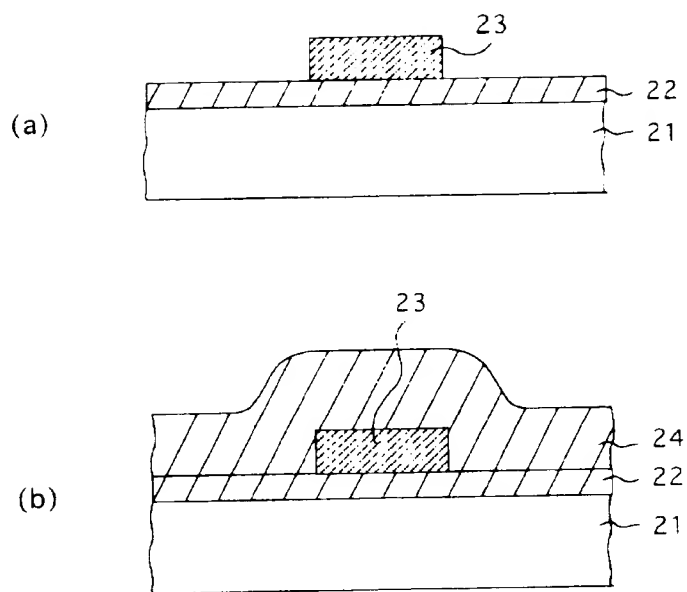
下地低誘電率絶縁膜種	調 査 膜 種		
	表面処理	PE-CVD TMS SiO <sub>2</sub> 膜	PE-CVD TEOS SiO <sub>2</sub> 膜
無期塗布絶縁膜 k = 2.9	あり	○	△
	なし	○	×
有機塗布絶縁膜 k = 2.8	あり	○	△
	なし	○	×



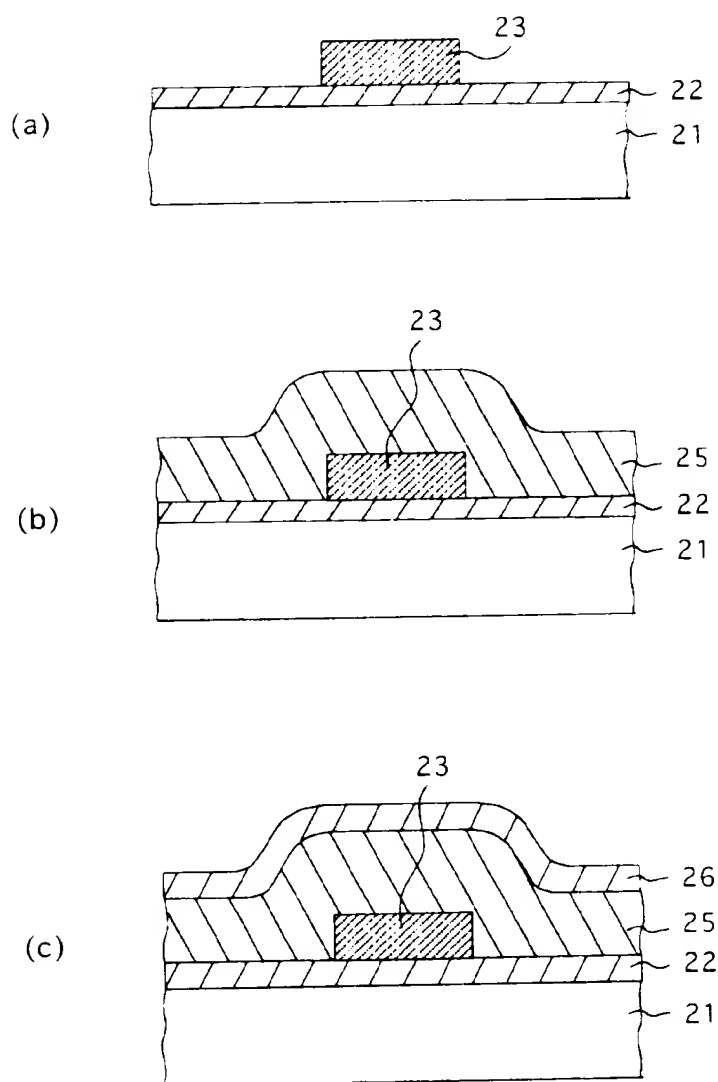
【図 7】



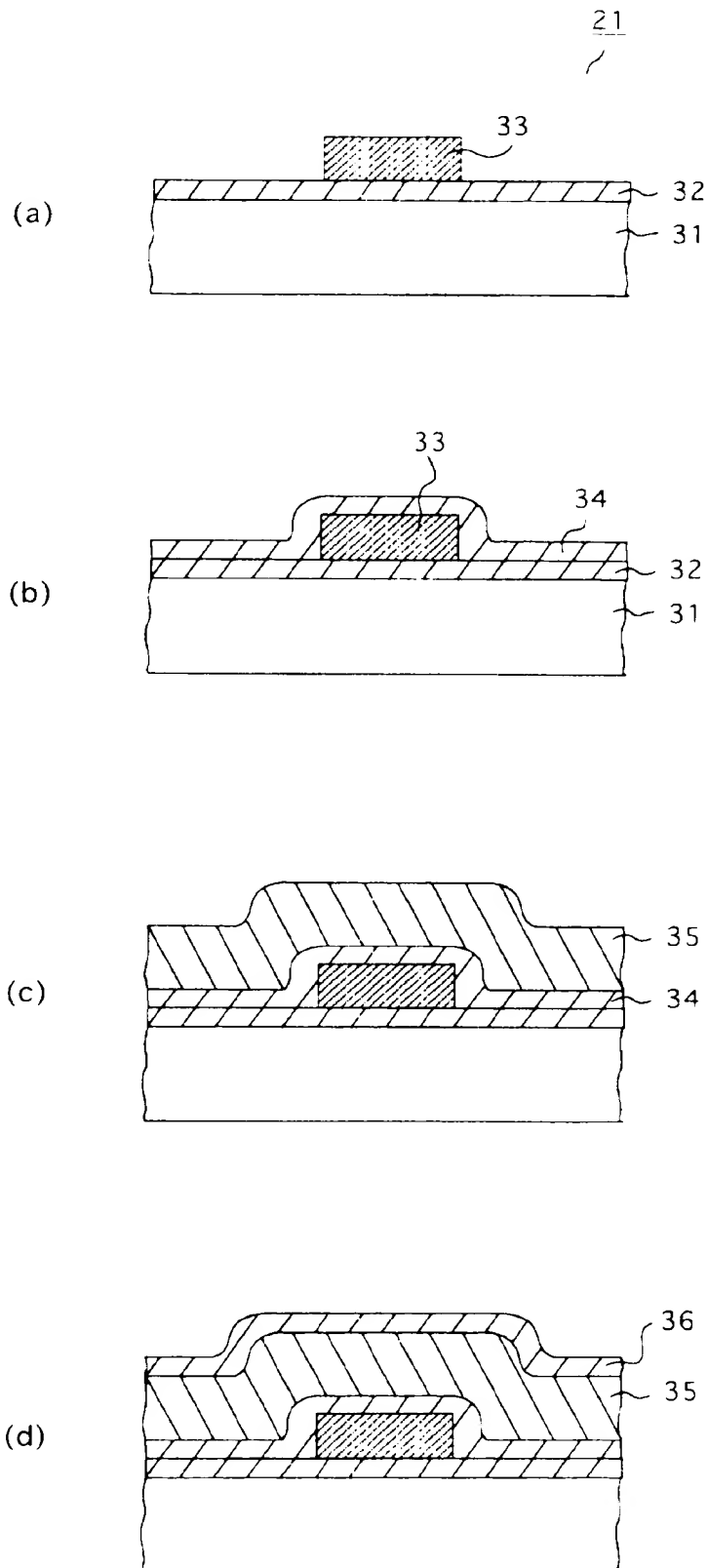
【図 8】



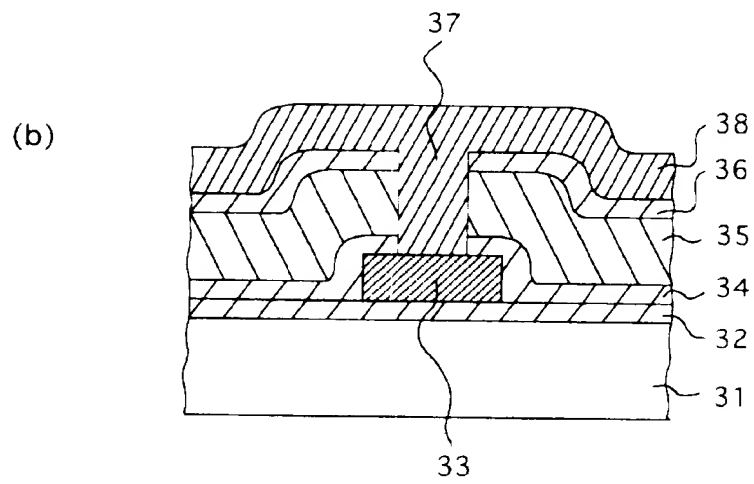
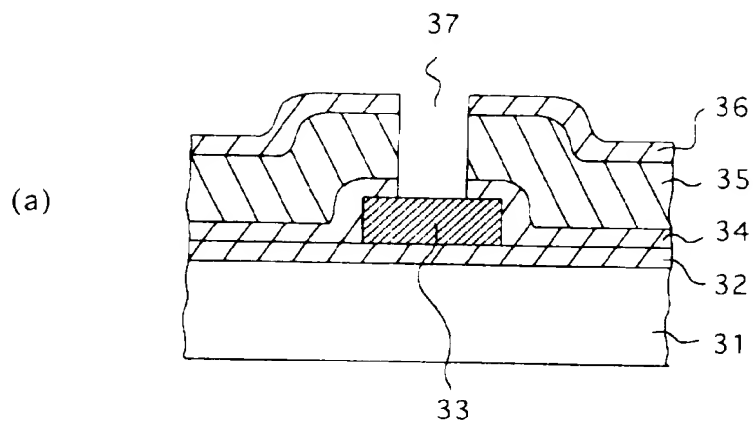
【図 9】



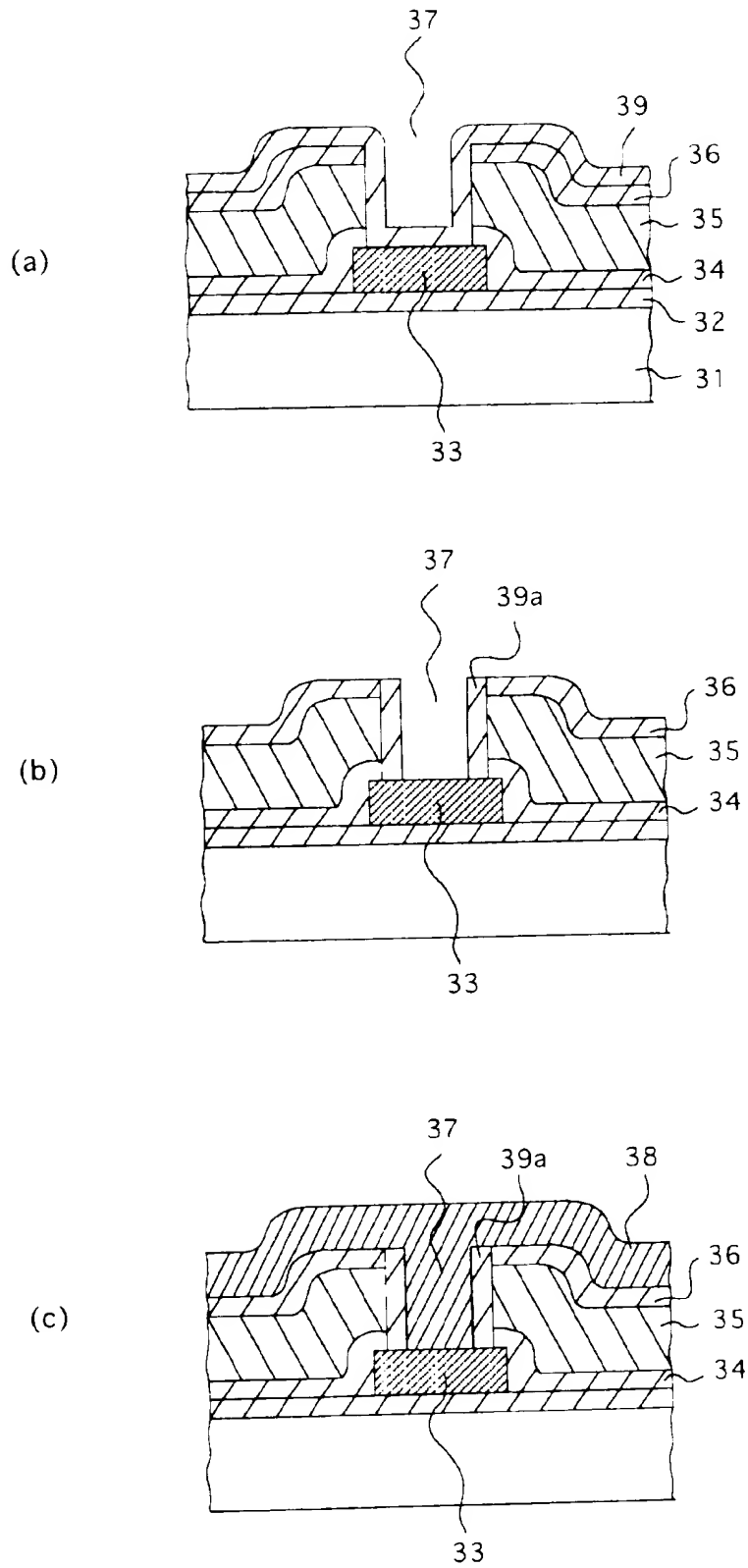
【図 1 0】



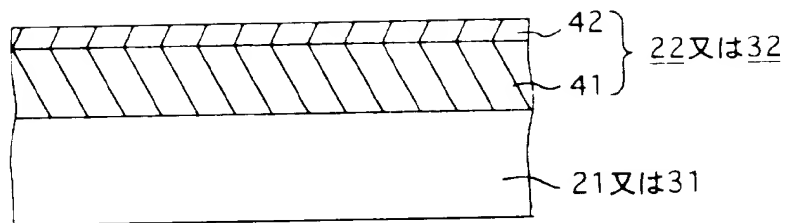
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 配線の腐食やリーク電流の増大を防止しつつ、層間絶縁膜全体として誘電率を低くすることができる成膜方法を提供する。

【解決手段】 Si-H結合を有するアルコキシ化合物、又はSi-H結合を有するシロキサンと、 $O_2$ 、 $N_2O$ 、 $NO_2$ 、CO、 $CO_2$ 、又は $H_2O$ のうち何れか一の酸素含有ガスとからなる第1の成膜ガスをプラズマ化し、反応させて、絶縁膜22、24を形成する。

【選択図】 図8



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [390002761]

1. 変更年月日	2000年 6月13日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都港区三田3丁目11番28号
氏 名	キヤノン販売株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 3 9 1 0 0 7 8 7 3 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 1 2 月 2 8 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区港南 2 - 1 3 - 2 9  
氏 名 株式会社半導体プロセス研究所